



# **TODELLINEN TILÄÄNI VIRTUAALISESSA YMPÄRISTÖSSÄ**

Jesse Mikael Soini

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2014  
Elokuvan ja television ko.  
Ääni

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Elokuvan ja television koulutusohjelma  
Ääni

JESSE MIKAEL SOINI:

Todellinen tilääni virtuaalisessa ympäristössä

Opinnäytetyö 31 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Toukokuu 2014

---

Tämä opinnäytetyö on luonteeltaan toiminnallinen tutkielma, jolla pyritään selvittämään äänen käyttäytymistä niin akustisessa kuin virtuaalisessa ympäristössä. Opinnäytetyössä yritetään myös löytää keinoja elävöittää virtuaaliseen tilaan adaptoituja todellisen tilan ääniä. Toiminnallinen osuus on interaktiivinen tilasimulaatio Kaksio, joka on toteutettu Unity Technologies -yrityksen kehittämää Unity -pelimoottoria hyödyntäen.

Tutkielman näkökulma on pääosin rajatun, suljetun tilan konkreettinen tutkiminen ja se miten kyseisen tilan akustinen profiili on adaptoitavissa digitaaliseen muotoon. Siinä pyritään antamaan mahdollisimman kattava vastaus kysymykseen "miten täyttää virtuaalinen tila todellisten havaintojen pohjalta ja saavuttaa siten mahdollisimman realistinen äänimaisema digitaaliseen tyhjyyteen?".

---

Asiasanat: tilääni, äänimaisema, Unity-pelimoottori, äänisuunnittelu

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree programme in Film and Television  
Sound

JESSE MIKAEL SOINI:  
Real soundspace in a virtual environment

Bachelor's thesis 31 pages, appendices 2 pages  
May 2014

---

This bachelor's thesis is a functional study that seeks to explain the behavior of sound in an acoustic and virtual environment. It tries to find ways to liven up sounds adapted from a real life space to a virtual version of it. The functional part is an interactive soundspace simulation Kaksio, which is created with Unity game engine developed by Unity Technologies.

The point of view is mainly how to adapt an acoustic profile of a certain restricted, closed space to a digital form. Thesis strives to provide the most comprehensive answer to the question "how to fill a virtual space based on actual observations and to achieve the most realistic soundspace to digital nothingness?"

---

Key words: soundspace, soundscape, Unity game engine, sound design

## SISÄLLYS

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | JOHDANTO .....                                 | 5  |
| 2     | TILAAÄNI .....                                 | 6  |
| 2.1   | Miten tila määritellään? .....                 | 6  |
| 2.2   | Kuuloaisti.....                                | 6  |
| 2.2.1 | Kuuloherkkyys ja suuntakuulo .....             | 7  |
| 2.3   | Äänilähteet tilassa .....                      | 8  |
| 2.4   | Äänitila .....                                 | 9  |
| 3     | UNITY 3.5 PELIMOOTTORIN ÄÄNIOMINAISUUDET ..... | 12 |
| 3.1   | Kuuntelija .....                               | 12 |
| 3.2   | Äänilähde.....                                 | 12 |
| 3.3   | Äänileike.....                                 | 13 |
| 3.3.1 | Äänileikkeen ominaisuudet .....                | 13 |
| 3.4   | Kaikualue.....                                 | 15 |
| 3.5   | Kaikualueen ominaisuudet .....                 | 15 |
| 3.6   | Satunnaistaminen .....                         | 16 |
| 4     | KAKSIO .....                                   | 17 |
| 4.1   | Ennakkovalmistelut.....                        | 17 |
| 4.2   | Äänten kokoaminen .....                        | 18 |
| 4.3   | Äänten ohjelmointi virtuaaliseen tilaan.....   | 19 |
| 4.3.1 | Skriptit.....                                  | 20 |
| 4.4   | Kaksion äänimaailma .....                      | 22 |
| 4.4.1 | Äänitehosteet .....                            | 23 |
| 4.4.2 | Puhe .....                                     | 24 |
| 4.4.3 | Musiikki .....                                 | 24 |
| 4.4.4 | Hiljaisuus.....                                | 25 |
| 4.4.5 | Ambienssit.....                                | 26 |
| 5     | POHDINTA .....                                 | 28 |
|       | LÄHTEET .....                                  | 29 |
|       | LIITTEET.....                                  | 30 |
|       | Liite 1. Askelääniskripti .....                | 30 |

## 1 JOHDANTO

Lähdin toteuttamaan opinnäytetyötäni puhtaasta mielenkiinnosta pelialaa ja interaktiivista äänisuunnittelua kohtaan. Lisäksi koen pelialan olevan tulevaisuuden suuri työnantaja niin Suomessa kuin muualla maailmalla ja näin työni aiheen tärkeänä, edesauttavana mahdollisuutena tutustua tähän itselleni tuntemattomaan aiheeseen.

Ensimmäisessä osiossa käsittelen ihmisen kykyä hahmottaa eri tiloja kuuloaistin avulla. Selvitän esimerkiksi miten ääni käyttäytyy sen heijastuessa tai kohdatessa esteen ja kuinka pystymme havaitsemaan äänilähteen sijainnin. Tilaäänen tutkiminen oli työni kannalta tärkeää, sillä tarkoitukseni oli nimenomaan luoda tila kolmiulotteiseen virtuaaliseen avaruuteen. Oli väistämätöntä selvittää, miten ääni tilassa käyttäytyy tai miten se saadaan käyttäytymään halutulla tavalla. En myöskään halunnut, että rakentamani tila olisi liian yksinkertainen tai tylsä, vaan äänimaailmaltaan rikas ja yksityiskohtainen.

Toisessa osiossa esittelen Unity Technologies -yrityksen kehittämän Unity -pelimoottorin (ohjelmaversio 3.5) ääniominaisuudet ja -työkalut. Koska mikään lähde ei tarjonnut suomenkielistä ohjeistusta näihin ominaisuuksiin, päätin selkeyden vuoksi kääntää ne itse suomen kielelle.

Kolmas osio pureutuu tuottamani interaktiivisen tilasimulaation, Kaksion, eri työvaiheisiin, aina ennakkovalmisteluista lopullisen tuotoksen rakentamiseen. Kerron millaisia äänikerrontaan liittyviä ratkaisuja tein, ja millaisia menetelmiä käytin saavuttaakseni haluamani lopputuloksen.

Kirjallinen työ päättyy yhteenvetoon, jossa tiivistän ja kertaan lyhyesti tärkeimmät havaintoni.

Opinnäytetyön kirjallinen osuus on koostettu useista eri lähteistä: alan kirjallisuudesta, luotettavilta internetsivustoilta sekä omista havainnoista opintojen ja lopputyötuotannon aikana. Se pyrkii antamaan kattavan selvityksen käsiteltävästä aihealueesta ja havainnollistamaan tuotantoprosessin eri vaiheita mielenkiintoisten esimerkkien avulla.

## 2 TILÄÄNI

### 2.1 Miten tila määritellään?

Sanalle tila on suomen kielessä monta erilaista merkitystä ja sitä voidaankin tulkita niin tieteellisesti, kulttuurillisesti, filosofisesti tai konkreettisesti. Ensisijainen merkitys on kuitenkin rajattu tai suljettu tila. Suomalainen tilakäsitys pohjautuu perinteiseen länsimaiseen ajattelutapaan, jossa tila rajoittuu sitä ympäröiviin pintoihin ja Nykysuomen sanakirjan mukaan tila onkin ”paikka, kohta, alue tai sija jotakin esinettä, oloita, tarkoitusta tms. varten” (Aro 2006, 40). Äänitutkimuksen kannalta jokaiselle tilalle on mahdollista määritellä oma, yksilöllinen akustinen profiilinsa ja tutkimukseni pyrkiikin juuri simuloimaan tällaisen profiilin virtuaaliseen tila-avaruuteen.

### 2.2 Kuuloaisti

Kun saavumme tilaan, alamme havainnoida sitä aistiemme avulla. Näkö on aisteistamme dominoivin, tila piirtyy silmiemme edessä muodoiksi. Kuuloaistilla on kuitenkin hyvin suuri vaikutus siihen, miten tilan koemme. Onko tilan "sointi" pehmeä vai kolkko, kaikuista vai lähes kaiuton? Onko tila rauhallinen, miellyttävä, meluisa vai ahdistava? Nämä tulkinnat perustuvat henkilökohtaisiin kokemuksiin ja mieltymyksiin. Lisäksi kuulo "näkee" pidemmälle kuin silmät. Voimme siten havaita asioita näkökenttämme ulkopuolelta ilman, että visuaalista havaintoa muodostuu.

Kuuloaisti perustuu kaikessa yksinkertaisuudessaan siihen, että äänilähteiden muodostama ilmanpaineen värähtely muuttuu aivoissa hermoimpulsseista ääneksi. Aivot tulkitsevat tämän muodostuneen äänen ominaisuuksia, kuten sen korkeutta, rytmiä, melodiaa, tonaalisuutta. Kaikki edellä mainitut ominaisuudet yhdessä vaikuttavat siihen, millaisena minkäkin äänen koemme, jonka jälkeen muut aistit täydentävät tätä kokemaamme.

### 2.2.1 Kuuloherkkyys ja suuntakuulo

Terveen, normaalikuuloisen nuoren kuuloherkkyiden taajuusalue on noin 20 - 20 000 hertsiä eli äänilähteen värähdystä sekunnissa. Mitä pienempi taajuus, sitä matalampana ääni kuullaan. (Jauhiainen 2007, 22.) Kuulokyky vaihtelee taajuuksien mukaan. Ihmisellä äänenkorkeuksien erottelukyky on parhaimmillaan 2000 hertsin alapuolella, matalilla ja voimakkailla äänillä. Parhaiten erotamme 500–1000 hertsin alueella muodostuvia ääniä, mutta voimakkuuden kannalta herkin alueemme sijaistee 2000 ja 5000 hertsin välissä. (Tilavaikutelma, Äänipää 2014.)

Teollistuneissa yhteiskunnissa ihmisen kuulotaso alkaa alentua 20 ikävuodesta lähtien ja sen heikentymiseen vaikuttavat monet seikat, kuten pitkäkestoinen melulle altistuminen, sairaudet ja vanheneminen. Vanhuuden huonokuuloisuutta on todettu esiintyvän vähemmän niiden kansojen keskuudessa, joiden elinympäristössä ei ole melua yhtä paljon kuin teollistuneissa maissa. (Ampuja 2008, 18.) Tyypillinen esimerkki luonnollisesta kuulon heikentymisestä on kun vanhemmiten ei enää kuulla heinäsiirkojen sirinää. Tämä johtuu siitä, että korkeiden taajuuksien kuuleminen heikkenee yleensä ensimmäisenä ja taajuusalue supistuu niin, ettei tiettyjä korkeataajuuksisia ääniä pystytä enää havaitsemaan paljain korvin.

Suuntakuulo perustuu puolestaan siihen, että aistitulla äänellä on eripituinen matka oikeaan ja vasempaan korvaan. Hyvin matalataajuuksisten äänien lähde on vaikeaa tai jopa mahdotonta havaita, mutta mitä korkeammalle hertseissä nousee (aina ihmisen kuulokynnykseen saakka), sitä selkeämmin tulosuunta pystytään tarkentamaan. Havaittu ääni muodostaa aikaeron korvien välille, jonka avulla pystymme muodostamaan aivoissamme kuvan äänen tulosuunnasta. (Aro 2006, 30.) Äänen aallonpituus on suorassa yhteydessä sen taajuuteen. Korkeataajuiset äänet ovat lyhyitä, vain joitakin milli- tai senttimetrejä pitkiä, kun taas matalataajuisen äänen saattaa olla jopa useiden metrien mittainen.

## 2.3 Äänilähteet tilassa

Jotta voidaan puhua äänitilasta, tarvitaan äänilähteitä sekä pintoja, joista ääni heijastuu. Akustinen ympäristö muodostuu pääasiassa äänilähteiden aiheuttamien ääniaaltojen värähtelyn kulkeutumisesta väliaineiden läpi vastaanottajalle. Kaikki nämä seikat vaikuttavat siihen, kuinka vastaanottaja kokee äänen ja millainen ääni on laadultaan. Äänilähteen laatu voidaan jakaa yksinkertaisesti kahteen, miellyttävään ja epämiellyttävään. Se, miten yksilö lajittelee äänet näihin ryhmiin, on lähes poikkeuksetta henkilökohtainen. Yleisesti ottaen miellyttäviä lähteitä voisivat olla esimerkiksi pehmeä puheääni tai henkilön lempimusiikki. Epämiellyttäväksi ääniksi koetaan useimmiten liikenteen tai koneiden melu. (Grueneisen 2003, 46.) Myös monet signaaliäänet lukeutuvat tähän ryhmään, mutta käyttö on pääasiassa perusteltua. Signaalilla halutaan "herättää" äänen vastaanottaja.

Äänilähde voi olla muodoltaan minkäläinen tahansa ja sen muodostama ääni liikkuu aina pallomaisesti kaikkiin suuntiin, mikäli tila on riittävän vapaa ja äänilähteen luonne sen sallii (Laaksonen 2013, 14). Pieniä äänilähteitä luonnehditaan usein pistemäisiksi, koska niiden synnyttämä ääni on helposti kohdennettavissa kuuloaistin avulla. Tällaisia ovat esimerkiksi puhelimen kaiutin tai kahvinkeitin.

Eero Aro kirjoittaa Tilaääni (2006, 13) -teoksessaan näin: ”Laajoja äänilähteitä on erityisesti luonnossa, esimerkkejä näistä ovat myrskyävä meri, vesiputous ja ukkospilvi. Äänilähde voi olla laaja leveys- tai syvyysuunnassa, tai sekä että. Myös kuoroa tai sinfoniaorkesteria voidaan pitää laajana äänilähteenä, sillä molemmat koostuvat joukosta yksittäisiä äänilähteitä, joita ei havaita erillisinä.”

Lainauksen viimeisen virkkeen väitteestä voidaan olla mielestäni myös toista mieltä. Perusolettamus toki on, että esimerkiksi juuri kuoroa kuunnellaan kauempaa niin, että äänilähteet sekoittuvat. Jos kuuntelija kuitenkin kävelisi satunnaisen laulajan vierelle, kuulisi hän tämän laulun erillisenä lähteenä. Näin ei normaaliolosuhteissa tietenkään toimita. Tutkimuksessani minun oli kuitenkin otettava huomioon tämäkin seikka, sillä kuuntelijalla on oikeasti mahdollisuus mennä äänilähteiden lähelle ja tutkailla niitä. Jos nauhoittaisin kuorolaulua ja haluaisin mallintaa sen realistisesti kolmiulotteiseen tilaani, tulisi minun äänittää jokainen laulaja erikseen, jotta lopputulos olisi todenmukainen.



Mikäli koko kuoro vain laitettaisiin toistumaan yhdestä äänilähteestä, ei sitä voitaisi järkevästi paikantaa keinotekoisessa tilassa.

Äänilähteet muodostavat niin sanottua suoraa ääntä (engl. direct sound) ja tilasta riippuen myös epäsuoraa ääntä, ensiheijasteita (engl. early reflections) ja hajaääniä (engl. reverberation). Epäsuorat äänet muodostuvat tilan pinnoista ja yhdessä suoran äänen kanssa saavat aikaan jokaiselle sisätilalle oman, yksilöllisen jälkikaiun (engl. reverb). Tilavaikutelman aikaansaamiseksi on tärkeää, että kuulomme kykenee erottamaan juuri nämä ensiheijasteet ja hajaäänit toisistaan. (Tilavaikutelma, Äänipää 2014.) Mikäli yksittäinen heijastus saapuu etäällä olevasta pinnasta kuulijan korviin, käytetään siitä termiä kaiku (echo) (Aro 2006, 13).

Ihminen kykenee havaitsemaan äänilähteen sijainnin juuri näiden suorien ja heijastuneiden äänten eroavaisuuden avulla. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että mitä enemmän kuulemme hajaääniä, sitä kauempana äänilähde sijaitsee. Äänilähteen ollessa lähietäisyydellä, suora ääni on luonteeltaan voimakkaampi kuin epäsuorat äänet. (Tilavaikutelma, Äänipää 2014.)

## 2.4 Äänitila

Äänilähde ei kuitenkaan tee vielä tilaa, vaan sillä pitää olla myös pinta josta heijastua. Näitä heijastavia pintoja ovat esimerkiksi lattiat, seinät ja katot. Ulkona kalliot tai muut seinämät. (Aro 2006, 13) Pintojen erilaiset heijastusominaisuudet, kuten massa ja pinnan kovuus (akustinen heijastavuus) vaikuttavat äänen leviämiseen ja muuhun käyttäytymiseen tilassa. Heijastuspinnissa esiintyvät kolot ja muut epätasaisuudet vaikuttavat eritoten korkeisiin taajuuksiin, joille on ominaista heijastua moniin eri suuntiin ja samalla vaimentua. (Laaksonen 2013, 14.)

Esimerkiksi pienessä ja kovapintaaisessa tilassa äänet kuulostavat voimakkailta, koska heijasteet seuraavat suoraa ääntä hyvin nopeasti vahvistaen sitä. Ensiheijasteet muodostavat tilan värin ja lisäävät suoran äänen voimakkuutta mikäli ne saapuvat korvaan 50 millisekunnin aikana ensimmäisestä havaitusta ääniaallosta. Sitä myöhemmin saapuvat heijasteet kuullaan erillisenä kaikuna. (Tilavaikutelma, Äänipää 2014.)

Äänen heijastuessa useasti eri pintamateriaaleista, se palaa viivästyneenä (engl. delay) takaisin. Tämä viive yhdessä moninkertaisten heijasteiden kanssa saa aikaa hajallisen (diffuusi) äänikentän sekä jälkikaiunnan. Jälkikaiunta kuullaan siis suoran äänen jälkeen. (Laaksonen 2013, 18.) Sen kesto määritellään siksi ajaksi, kun äänen voimakkuus vaimenee 60 desibeliä alkuperäisestä voimakkuudesta (Tilavaikutelma, Äänipää 2014).

Tila, jossa on paljon sisustuselementtejä, kuten verhoja, mattoja sekä pehmeäpintaisia huonekaluja, muodostaa hyvin erilaisen jälkikaiunnan kuin esimerkiksi kovaseinäinen ja tyhjä huone. Ääniaaltojen heijastumiseen vaikuttavat samat geometriset periaatteet kuin muihinkin fysikaalisiin aaltotyyppeihin, esimerkiksi valoon. Heijastuskulma on sama kuin tulokulma. Äänen aallonpituudella on kuitenkin merkitystä siihen miten se tilassa etenee. Esimerkiksi pinta, joka on pienempi kuin äänen aallonpituus, pakottaa äänen kiertämään sen. (Tilavaikutelma, Äänipää 2014.) Ääniaallon kohdatessa esteen, aalto liikkeen energia joko heijastuu siitä tai jatkaa matkaansa toisessa väliaineessa (Aro 2006, 13).

Kuten jo aiemmin todettiin, äänilähteiden muodostama suora ääni käyttäytyy tilan koosta, rakennusmateriaaleista ja muista ominaisuuksista riippuen hyvinkin eri tavoilla. Tila muokkaa suoraa ääntä oman profiilinsa mukaiseksi. Tätä käyttäytymistä kutsutaan yhteisnimityksellä huoneresonanssi eli moodi (engl. room modes), ja se perustuu heijastuneiden ääniaaltojen aiheuttamien kerrostumien myötä- ja vastavaiheisiin (tai johonkin muuhun vaihesuhteeseen niiden välillä). Myötävaiheessa suora ääni ja heijaste voimistavat toisiaan, kun puolestaan vastavaiheessa tilanne on päinvastainen. (Laaksonen 2013,15.)

Huoneissa esiintyy yleisesti ottaen paljon yhdensuuntaisia pintoja. Jo pelkästään vastakkaiset seinät sekä lattia ja katto muodostavat niitä. Sisätiloissa lähinnä matalimmat taajuudet heijastuvat perusrakenteista, korkeammat äänet puolestaan jo pienemmistäkin tasisista pinnoista, kuten huonekaluista ja muista sisustuselementeistä. Ääniaallon pituudesta riippuen ääni heijastuu näiltä yhdensuuntaisilta pinnoilta ja muodostaa huoneeseen niin sanottuja seisovia aaltoja (engl. standing wave) (Tilavaikutelma, Äänipää 2014). Voimakkaimmin tämä tapahtuu, kun vastakkaisten pintojen välimatka on yksinkertaisessa kokonaislukusuhteessa siellä esiintyvän äänen tiettyjen taajuuksien aallonpituuksiin tai niiden puolikkaisiin (Laaksonen 2013,15). Näiden heijastusten muodostamia reso-

nansseja on havaittavissa vain tietyissä kohdissa huonetta ja niillä on suuri merkitys tilavaikutelman kannalta.

Tilakokemus muodostuu siis hyvinkin monista pienistä elementeistä. Arkielämässä emme useinkaan havainnoi tilaa kovinkaan yksityiskohtaisesti, mutta kuulemme näiden kaikkien pienten yksityiskohtien muodostaman kokonaisuuden ja alitajuntaisesti annamme siitä aina oman mielipiteemme, mieltymystemme ja kokemustemme mukaisesti, vaikkei sillä olisikaan varsinaista merkitystä siinä hetkessä.

### 3 UNITY 3.5 PELIMOOTTORIN ÄÄNIOMINAISUUDET

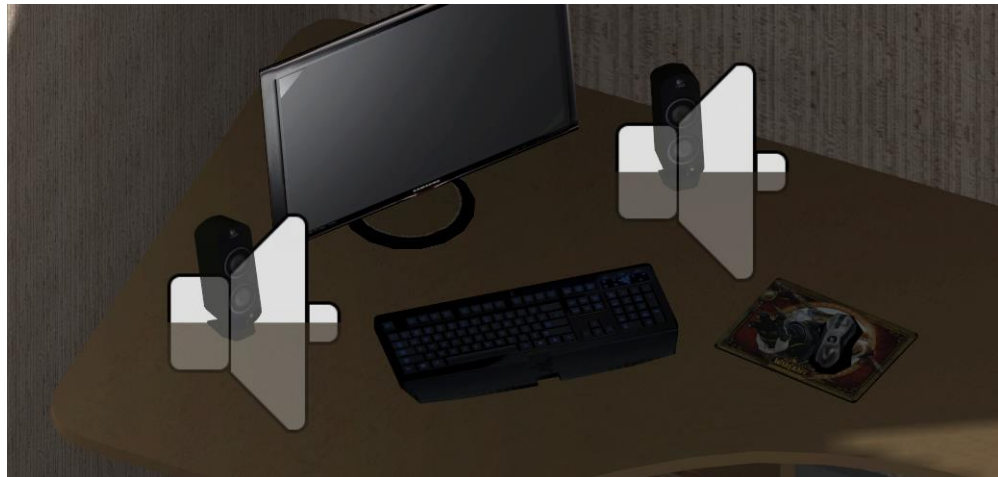
Päädyin toteuttamaan tilasimulaationi Unity Technologies -yrityksen kehittämällä Unity -pelimoottorilla yksinkertaisesti siitä syystä, että sen käyttöliittymä oli nopeasti omaksuttava ja helppokäyttöinen. Unityn äänityökalut nojaavat kuitenkin pääosin Firelight Technologies -yrityksen kehittämään FMOD -äänikirjastoon. Se on yksi laajimmin käytetty interaktiivisen äänen tuottamiseen ja toistamiseen suunniteltu työkalu. Unityn lisäksi FMOD on integroitu moniin menestyneimmistä pelimoottoreista, joista mainittakoon Crytekin CryEngine ja Epic Gamesin Unreal Engine 3. Seuraavaksi esittelen lyhyesti Unityn ääniominaisuudet.

#### 3.1 Kuuntelija

Kuuntelija (engl. Audio Listener) on mikrofoniin kaltainen ”laite”, joka poimii äänilähteitä kohtauksesta ja toistaa äänet tietokoneen kaiuttimista. Jokaisessa kohtauksessa voi olla vain yksi kuuntelija ja se on usein sidottu Pääkameraan (engl. Main Camera). Jos kuuntelija on Kaikualueen (engl. Reverb Zone) sisäpuolella, kaikkiin äänilähteisiin lisätään ennalta määrätty kaiku. Kaikualue on Unity Pro -version ominaisuus ja kerron siitä tarkemmin sitä käsittelevässä kappaleessa. Ääniefektejä (engl. Audio Effects) voidaan määrittää niin kuuntelijalle kuin äänilähteelle.

#### 3.2 Äänilähde

Äänilähteet (engl. Audio Source) ovat objekteja, joille määritellään omat äänileikkeensä (kuva 1). Äänilähteen ominaisuuksista säädetään miten kuuntelija kuulee äänileikkeen. Tiedosto voi olla 3D -ääni, jolloin pelimoottori laskee muun muassa äänilähteen ja kuuntelijan välimatkan ja sijainnin. Mikäli käytössä on monikanavainen toistojärjestelmä (stereosta 7.1 -järjestelmään), äänilähdettä voidaan levittää (engl. Spread) kaiuttimiin. Näin saavutetaan luonnollinen kuuntelukokemus, jossa ääni kuuluu kaikkialta pelaajan ympäriltä.



Kuva 1. Mallinnettuihin kaiuttimiin on lisätty äänilähteet. (Ruutukaappaus)

### 3.3 Äänileike

Äänileike (engl. Audio Clip) sisältää äänilähteen käyttämää dataa äänestä. Unity tukee niin yksi-, kaksi- kuin monikanavaistakin ääntä aina kahdeksaan kanavaan asti. Äänitiedostoista se tukee seuraavia formaatteja: .aif, .wav, .mp3 ja .ogg. Lisäksi .xm, .mod, .it ja .s3m -tracker moduuliformaatit ovat lisättävissä, mutta niihin en tämän opinnäytetyön sisällä paneudu.

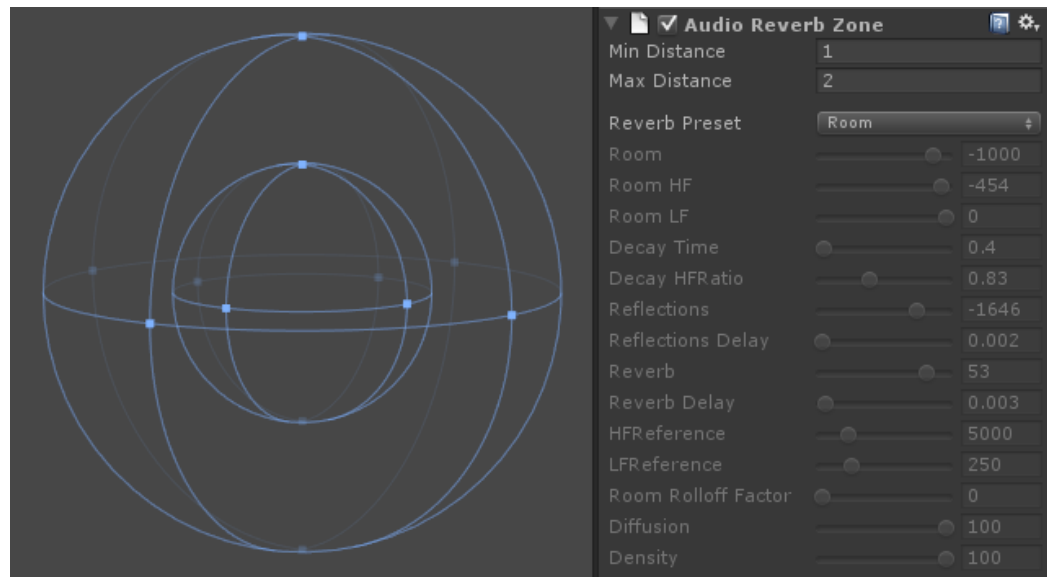
#### 3.3.1 Äänileikkeen ominaisuudet

Unity tukee niin pakattua kuin pakkaamatontakin ääntä. Mikä tahansa tiedosto, poislukien .mp3 ja Ogg Vorbis, avautuu perusoletuksena pakkaamattomana. CPU:n (central processing unit eli suomeksi laitteen suoritin) täytyy purkaa (engl. Decompress) pakattu ääni pelin ollessa käynnissä. Pakatun äänen käytettävyys perustuu pieneen tiedostokokoon. Pakkaamattomat PCM -formaatit (WAV, AIFF) antavat puolestaan paremman äänenlaadun kuormittamatta CPU:ta, mutta näiden tiedostokokoo on tyypillisesti paljon suurempi kuin pakattujen äänien. Peukalosääntönä voidaan pitää, että pakattu ääni toimii parhaiten pitkien tiedostojen, kuten taustamusiikin tai dialogin kanssa, kun taas pakkaamaton sopii paremmin lyhyisiin ääniefekteihin. Seuraavaksi listaan äänileikkeiden tarkemmat ominaisuudet.

- Ääniformaatti (engl. Audio Format): Tietty formaatti, jota käytetään äänelle ohjelman ollessa käynnissä.
- Pakkaamaton ääni (engl. Native): Tämä vaihtoehto tarjoaa paremman äänenlaadun, mutta tiedostokoot ovat suurempia kuin Pakatuissa äänissä.
- Pakattu ääni (engl. Compressed): Äänen ollessa pakattua, se on tiedostokooltaan pienempää, mutta sen laatu on usein heikompaa verrattuna pakkaamattomaan ääneen.
- 3D-ääni (engl. 3D Sound): Jos äänileike merkitään 3D-ääneksi, se toistetaan simuloimalla sen sijanti pelimaailman kolmiulotteiseen tilaan. 3D-äänit jäljittelevät etäisyyttä ja lokaatiota säätämällä äänentasoja ja panorointia kaiuttimissa. Niin yksi- kuin monikanavainenkin ääni voidaan sijoittaa kolmiulotteisena. Jos äänileike on monikanavainen, sitä voidaan levittää (engl. Spread) ja jakaa tilaan (kaiuttimiin) halutulla tavalla.
- Pakota monoksi (engl. Force to mono): Valittu äänileike summataan yksikanavaiseksi.
- Lataamistyyppi (engl. Load Type): Menetelmä jota Unity käyttää äänien lataamiseen ohjelman ollessa käynnissä.
  1. Pura latauduttua (engl. Decompress on load): Pakatut äänitiedostot puretaan heti kun ne ovat latautuneet.
  2. Pakattuina muistissa (engl. Compressed in memory): Pitää äänit pakattuina tietokoneen muistissa ja purkaa ne vasta pelin ollessa käynnissä.
  3. Striimaa levyä (engl. Stream from disc): Striimaa äänitiedostot suoraan levyä.
- Pakkaus (engl. Compression): Säätelee pakkauksen määrää halutussa äänileikkeessä. Väljä pakkaus tarkoittaa isompaa tiedostokokoa, mutta parempaa laatua. Runsas pakkaaminen puolestaan pienentää kokoa, mutta huonontaa laatua merkittävästi.

### 3.4 Kaikualue

Kaikualue käsittelee sen sisällä olevia äänileikkeitä vääristäen niitä riippuen kuuntelijan lokaatiosta alueella. Sillä voidaan määrittää piste, jonka mukaan ohjelmaa lisätä haluttua kaikua tilaan. Esimerkiksi tilanne, jossa kuuntelija liikkuu ulkoa taloon, kaikualue määritellään alkavaksi kuistilta ja sen tulee kattaa koko rakennus tai haluttu osa siitä.



Kuva 2. Kaikualueen läpileikkaus ja ominaisuudet. (Ruutukaappaus)

### 3.5 Kaikualueen ominaisuudet

Kuvassa 2 nähdään kaikualueen visuaalinen ilme ja oikealla sen säätömahdollisuudet, jotka ovat:

- Lähimmäisetäisyys (engl. Minimum Distance) määrittää, mistä pisteestä ohjelmaa lisätä täyden kaiun kohteeseen.
- Kauimmaisetaisyys (engl. Maximum Distance) määrittää, mistä pisteestä kaikua aletaan lisätä kohteeseen liukuvasti.
- Kaikutyyppi (engl. Reverb Preset) määrittää nimensä mukaisesti kaiun tyyppin. Kaiku voidaan määritellä mallinnetun tilan mukaan. Esimerkiksi, jos kyseessä

on konserttisali, kaikutyypiksi valitaan sitä vastaava vaihtoehto ja ohjelma mallintaa kaiun niin kuin se heijastuisi suuressa tilassa. Näitä valmiita vaihtoehtoja on useita, mutta monessa tilanteessa parhaimman tuloksen saa, kun säätää täysin omat arvonsa kaikutyypille.

### 3.6 Satunnaistaminen

Satunnaistaminen (engl. Randomization) ei lukeudu Unityn perusominaisuuksiin, mutta tuon aiheen esille, koska käytin sitä monessakin eri tilanteessa. Satunnaistamista varten minun täytyi opetella ohjelmoimaan jokunen rivi koodia. Käyttämistäni skripteistä kerron tarkemmin opinnäytetyöni seuraavassa osiossa.

Todenmukainen äänimaailma on täynnä elämää. Vain harvat äänet toistuvat aina täydellisen samanlaisesti. Poikkeuksen tekevät kuitenkin esimerkiksi vaikkapa pallovaroitin tai jokin muu usein ihmisen kehittämä äänisignaali, mutta nämäkin äänet muokkautuvat tilasta riippuen.

Luonnossa kaikki on muuttuvaa. Ihmisen askeleet ovat hyvä esimerkki. Vaikka askeleet kuulostaisvatkin näennäisesti samalta, ne eivät suinkaan sitä ole. Varsinkin äänen voimakkuus ja taajuus ovat tiheään muuttuvia tekijöitä. Jos askeleen ääni nauhoitetaan vain kerran ja toistetaan monta kertaa peräkkäin, tulos kuulostaa hyvin epäuskottavalta. Erilaisia variaatioita täytyy olla useita, jotta ihminen ei kykene enää erottamaan samoja ”näytteitä” toisistaan. Mitä suurempi määrä näitä variaatioita on, sitä parempi. Äänikirjastoista löytyy kuitenkin vain harvoin samaa ääntä monta kertaa äänitettynä, joten ongelmaksi tulee juuri näiden variaatioiden puute.

Satunnaistamalla useita äänileikkeitä saadaan aikaan melko luonnollisen kuuloinen äänimaailma virtuaaliseen ympäristöön. Se on siis erityisen tärkeä ominaisuus, jotta saavutetaan haluttu lopputulos, elävä tila.



## 4 KAKSIO

Kaksio on lopputyöni toiminnallinen osuus. Se on Unity -pelimoottorilla rakennettu tilasimulaatio, jonka pohjana toimivat tiläänitutkimukseni. Kerron seuraavaksi, miten projektini muodostui aina ennakkovalmisteluista nykyiseen muotoonsa.

### 4.1 Ennakkovalmistelut

Havaintoni perustuvat Valkeakoskella sijaitsevaan kerrostalohuoneistoon ja sen lähiympäristöön. Tämä tutkittu kaksio on suljettu tila ja sopii hyvin tutkimuksen kohteeksi. Kyseinen tila valikoitui muutamista eri syistä, joista eniten pääpainoa antoi kuitenkin tarve mallintaa tila digitaaliseen muotoon. Näin urakan realisistisena, sillä tila ei ole liian suuri, muttei liian pienikään. Lisäksi olemassa olevan tilan mallintaminen tuntui tutkimukseni kannalta kaikkein järkevimmältä, koska havainnoille on olemassa todellinen pohja. Erottelin tutkimuksessani oikean huoneiston ja virtuaalisen huoneiston termin "todellinen tila" ja "virtuaalinen tila", jotta vältetään mahdolliset sekaannukset niiden välillä.

Huoneisto rakentuu makuu- ja olohuoneesta, keittiöstä, pesuhuoneesta ja saunasta. Huoneet yhdistää eteiskäytävä. Kaksio sijaitsee kerrostalon alimmassa kerroksessa ja ainoa seinänaapuri jakaa makuuhuoneen takaseinän. Yläpuolella sijaitsee oletettavasti vastavarakenteinen huoneisto. Pinta-alaa on 58 neliötä ja huonekorkeus kauttaaltaan 255 cm. Lattiamateriaalit ovat parketti ja muovimatto. Seinät ovat maalilla, tapetilla ja laatoilla peitettyä kipsilevyä ja kiviseinää, huoneesta riippuen. Sisäkatto muodostuu rapatuista kipsielementeistä.

Kerrostalon julkisivu osoittaa luoteeseen ja sisäpiha on vastakkaisella puolella. Julkisivun myötäisesti kulkee Pälkäneentie, joka on päivisin melko vilkas ja aiheuttaa siten myös huoneistoihin kantautuvaa melua. Sisäpiha rajautuu kerrostalojen väliin, jotka yhdessä muodostavat pienehkön muurin liikenteen äänille.

Mallinnoksia varten mittasin asunnon ja kalusteiden todelliset mitat. Mittauksen jälkeen oli helpompaa siirtyä mallintamaan objekteja, koska pystyin tekemään ne suoraan oike-

aan mittasuhteeseen (Katso kuva 3). Ennakkotyö helpotti myös objektien siirtoa virtuaaliseen tilaan, koska pystyin syöttämään heti todellisia mittasuhteita vastaavat arvot muun muassa pelimoottorin Kaikualueella.



Kuva 3. Todellinen tila ja sen mallinnos. (Ruutukaappaus)

## 4.2 Äänten kokoaminen

Pyrin tutkimaan todellisen tilan akustista profiilia hyvinkin tarkasti, jotta pystyin antamaan pelimoottorin äänilähteille mahdollisimman realistisen alueen virtuaalisessa tilassa. Laadin aluksi listan tarvitsemistani äänistä. Pyrkimykseni oli äänittää kaikki äänileikkeet omatoimisesti niiden todellisessa ympäristössä, jotta sain tilasta mahdollisimman autenttisen. Lista selkeytti äänien keräämistä huomattavasti ja sain kaiken pysymään haluamassani järjestyksessä. Merkitsin ylös myös, miten äänet käyttäytyvät tilassa, kuten olivatko ne jatkuvaa ääntä vai yksittäisiä, hetkellisiä ääniä. Merkitsin myös niiden toistuvuuden tilassa yksinkertaisesti lokeroimalla ne kahteen ryhmään, harvoin toistuviin ja usein toistuviin. Näiden lisäksi kirjasin vielä niin sanotut laukaisimet eli interaktiiviset äänet omaan lokeroonsa.

Etsin tallentimen ja haulikkomikrofonin avulla eri äänien syntypisteen eli kohdan, jossa ääni muodostuu. Seuraavaksi tallensin äänen. Tämän jälkeen luovuin "apuvälineistä" ja yritin arvioida äänien syttymiskohdan ja leveyden korvakuulolla. Mielestäni tämä oli riittävää, koska erilliset äänet tulevat lopulta sulautumaan toisiinsa muodostaen huoneen luonnollisen sävyn (engl. roomtone). Kirjasin tulokset muistiin, jotta pystyin äänien

ohjelmointivaiheessa syöttämään nämä vastaavat arvot pelimoottorin äänilähteille. Merkitsin ylös myös sen, miten äänien sävy muuttuu huoneistossa liikkuesssa ja mitkä äänet kuuluvat huoneiston sisäisiin tai ulkoisiin ääniin. Näiden muistiinpanojen avulla oli helppo valita esimerkiksi haluamani efektoinnit eri äänilähteille.

Äänityksissä käytin Zoom H4n -tallenninta sekä Røde NTG-3 -haulikkomikrofonia ja laajakalvoista Røde NT2-A -kondensaattorimikrofonia. Lisäksi hyödynsin tallentimen omaa mikrofoniaparia stereona äänitettäessä. Tallennuksessa käytin WAV-formaattia 96 kHz näytetaajuudella ja 24 bittisyvyydellä. Valitsin nämä asetukset, jotta ääniä muokattaessa niiden laatu pysyisi mahdollisimman hyvänä. Siirrettäessä ääniä pelimoottoriin, pakkasin lyhyet äänileikkeet WAV 48kHz/16bit -muotoon ja pitkät äänileikkeet, kuten musiikin MP3 320 kbit/s -muotoon. Koska teoksen maailma on varsin pieni, en nähnyt tarpeelliseksi pakata ääniä liikaa. Lisäksi lopputuotosta ei ole tarkoitettu web- tai mobiiliympäristöön, joten äänten liiallinen pakkaaminen ei ollut perusteltua.

Äänten kerääminen osoittautui hyvinkin haastavaksi tietyissä tilanteissa. Koska kaikkien virtuaaliseen ympäristöön upotettavien äänten piti olla yksittäisiä, oli äänitykseen kiinnitettävä erityistä huomiota. Raidoille ei saanut vahingossakaan päästä ylimääräisiä ääniä esimerkiksi taustalta. Tällä varmistettiin haluttu lopputulos.

Suurimman osan äänistä tallensin suoraan yksikanavaisena (engl. mono). Syy on yksiselitteinen. Peliäänit kolmiulotteisissa tilassa ovat usein pistemäisiä ja niitä on mahdollista lähestyä miltä suunnalta tahansa. Tämä eliminoi stereonauhoituksen käytön, koska se saattaa rikkoa illusion äänen halutusta lokaatiosta. Yleinen käytäntö on summata stereona nauhoitettu tehoste monoksi tai käyttää pelkästään stereonauhoituksen toista kanavaa panoroituna keskelle.

### **4.3 Äänten ohjelmointi virtuaaliseen tilaan**

Kun Kaksion visuaalinen ilme mallinnoksineen oli valmis ja tarvittavat äänet editoitu äänileikkeiksi, alkoi varsinainen työ ääniohjelmoinnin parissa. Testasin nopeasti Unityn ominaisuuksia karkeilla prototyypeillä, jotta sain selvitettyä millaisiin ratkaisuihin aikatauluni riittää. Samalla lopputuotteen kuva alkoi muodostua ja tarkentua pala palalta.

Ensimmäisenä työvaiheena oli käsiteltyjen äänileikkeiden istuttaminen omille paikoilleen virtuaalisessa tilassa. Istutin äänet huone kerrallaan ja tein karkean miksauksen aina ennen kuin siirryin seuraavaan huoneeseen. Näin tämän järjestelmällisenä ratkaisuna, jolla halusin varmistaa, että jokainen huone yksinään kuulostaa mahdollisimman aidolta, todellista tilaa vastaavalta.

Ääniohjelmoinnissa kaikki lähtee siitä, että äänilähde luodaan tilaan ja siirretään haluttuun pisteeseen tilassa. Se sijoitetaan halutulla tavalla ympäristöönsä, esimerkiksi tietyn objektin rinnalle, sisälle, reunalle tai mihin tahansa kohtaan, missä se kuulostaa kaikkein luonnollisimmalta. Pienissä objekteissa tämän sijoittelun ei usein tarvitse olla erityisen tarkkaa, mutta mitä isompi objekti on, sen tarkemmin kuuntelija havaitsee äänen synty pisteen. Äänilähteen paikan voi määritellä joko kirjaamalla arvot lähteen ominaisuuksiin tai yksinkertaisesti siirtotyökalua käyttäen etsiä oikea paikka tila-avaruudesta.

Kun äänilähde on saatu sijoitettua omalle paikalleen, sille määritetään oma äänileikkeensä, jota sen kuuluu toistaa. Lisäksi asetetaan halutut arvot. Kuinka laajalla alueella se kuuluu? Missä sijaitsee äänen keskiö? Entä reuna, ns. syttymiskohta? Onko ääni yksittäinen (engl. play-once) vai silmukka (engl. loop)? Laukaisin (engl. trigger), vai jokin muu? Myös halutut efektoinnit lisätään. Nämä ominaisuudet vaikuttavat siihen, miten Kuuntelija reagoi eri Äänilähteisiin.

### 4.3.1 Skriptit

Kuten jo aiemmin mainitsin, Unityn omat äänityökalut eivät olleet täysin riittäviä sellaisenaan. Tarvitsin erilaisia skriptejä (kuva 4), jotta sain tiettyjä toimintoja aikaiseksi. Näistä esimerkkinä pelaajan askelääniä muodostava koodi (katso liite 1) Unity tukee useita ohjelmointikieliä, joista käytössäni olivat Javascript ja C#. En voi sanoa itseäni ohjelmoijaksi, koska en osaa kirjoittaa kuin muutamia rivejä koodia ilman että joudun hakemaan lisätietoa eri lähteistä. Pystyn kuitenkin melko hyvin tunnistamaan valmiiksi kirjoitetusta skriptistä, mikä sen tarkoitus on ja voinko mahdollisesti soveltaa sitä omiin tarkoituksiini muuttamalla joitakin asioita sen sisällä. Seuraavaksi kerron tarkemmin tärkeimmistä skripteistäni.

```

77 ////////////////////////////////////////////////// WOOD //////////////////////////////////////////
78
79
80
81 function WalkOnWood() {
82     step = false;
83     audio.clip = wood[Random.Range(0, wood.length)];
84     audio.volume = .1;
85     audio.Play();
86     yield WaitForSeconds (audioStepLengthWalk);
87     step = true;
88 }
89
90 function RunOnWood() {
91     step = false;
92     audio.clip = wood[Random.Range(0, wood.length)];
93     audio.volume = .3;
94     audio.Play();
95     yield WaitForSeconds (audioStepLengthRun);
96     step = true;
97 }
98

```

Kuva 4. Muutama esimerkkirivi käyttämäni scriptistä. (Ruutukaappaus)

**Yksinkertainen laukaisin:** Hiirellä laukaistavien äänien kanssa täytyi miettiä voiko kohdetta klikata monta kertaa peräkkäin, vai täytyykö syntyvän äänen antaa ensin kuulua loppuun asti ennen kuin objektia voidaan koskettaa uudemman kerran. Esimerkiksi vesihanan aukaisu ja sulkeminen ovat nopeasti toimivia tapahtumia, joten klikkaaminen voi olla nopeasti toistuvaa. Vessanpöntön vetäminen puolestaan kestää joitakin sekunteja, joten äänelle kannattaa antaa aikaa toistua loppuun saakka ennen kuin sen antaa toistua uudemman kerran. Tämän toiminnon saa aikaan yksinkertaisella skriptillä, jossa määritetään tietty aika milloin objektin klikkaaminen ei laukaista ääntä. Käyttämässäni koodissa aika on suoraan verrannollinen toistettavan äänileikkeen keston. Lisäksi siinä voidaan halutessa määrittää sulkemisääni, joka keskeyttää käynnistämistänsä samanaikaisesti kun se laukaistaan.

**Askeläänet:** Askelääniskripti toimii siten, että kuuntelijaan liitetty koodi havaitsee, millä materiaalilla tilassa liikutaan. Koodille annetaan tietyt muuttujat, jotka Kaksion tapauksessa ovat parketti, muovimatto ja matto. Kun pelaaja ohjaa itsensä matolle, skripti tunnistaa tämän materiaalin ja muuttaa askeläänien äänileikkeet mattoa vastaaviin leikkeisiin. Askeläänien taustalla toimii satunnaistaminen, joka on kirjattu kyseiseen skriptiin. Koodi arpoo sattumanvaraisesti äänileikkeitä, jotka tietylle materiaalille on valikoitu. Käytin jokaiseen materiaaliin noin kymmentä eri äänileikettä, jotta äänten luonne muuttuisi joka askeleella tarpeeksi ja saisi aikaan mahdollisimman luonnollisen kuuloiset askeläänet pelaajalle.

**Taputus:** Halusin lisätä Kaksion interaktiivisuutta lisäämällä ominaisuuden, jota kutsun nimellä taputus. Hiiren oikealla näppäimellä toimiva komento laukaisee taputusäänen. Näin pelaajalla on mahdollisuus tutustua eri huoneiden akustiseen profiiliin paremmin. Hän voi kuulla taputusten synnyttämät heijasteet ja hajäänet. Skripti pohjautuu samaan ideaan kuin Askeläänetkin, mutta sitä on muokattu tarpeen mukaan. Koodi tunnistaa missä alueella tilassa liikutaan ja muuttaa taputusäänet tilaa vastaaviin äänileikkeisiin.

**Äänivalli:** Unityssä varsin monet työkalut ovat pallon muotoisia. Tämä hankaloitti usein äänien istuttamista tilaan, koska huoneet eivät suinkaan ole pallomaisia vaan kulmikkaita kuutioita tai suorakulmaisia särmiöitä. Kun esimerkiksi kaikualuetta haluaa laajentaa koko huoneen kattavaksi, osa alueesta töyntyä seinien läpi muihin huoneisiin. Tämä ei tietenkään ole haluttu ratkaisu monessakaan tilanteessa, joten minun täytyi pohtia ratkaisu tähän ongelmaan. Kirjoitin skriptin, jonka liitin haluamani tilan muotoja vastaavaan näkymättömään objektiin. Toimintaperiaate oli yksinkertainen. Kun pelaaja kohtaa tämän näkymättömän objektin siirtyessään huoneesta toiseen, skripti aktivoi kaikualueen vain tämän tietyn objektin sisäpuolella. Tällä tavoin sain muutettua pallon täysin haluamaani muotoon.

#### 4.4 Kaksion äänimaailma

Kun Kaksion todellinen äänimaailma oli valmis, tein kohtauksesta (engl. scene) kaksi kopiota. Näistä uusista kohtauksista lähdin muokkaamaan tunnelmaltaan erilaisia versioita alkuperäisestä. Kaksion kolme tasoa ovat realistinen, tiivistunnelmainen sekä pään sisäinen. Realistinen äänimaailma muodostuu nimensä mukaisesti kaksion todellisista äänistä. Nämä ovat äänilähteiden synnyttämia ”roomtoneja”, askelääniä sekä todenmukaisia pistetehosteita. Tiivistunnelmainen vaihe sisältää niin ikään realistisia ääniä, mutta mukaan on tuotu kieroutunutta tunnelmaa efektoimalla ääniä ja upottamalla ambienssin joukkoon musiikinomaisia äänimattoja, droneja. Lisäksi musiikkia käytetään jossain määrin. Pään sisäinen osuus on puolestaan hyvin epärealistista, unenomaista äänimaisemointia.

Perinteisen äänikerronnan peruselementteihin kuuluvat äänitehosteet, puhe, musiikki ja hiljaisuus. Näillä neljällä edellä mainitulla pyritään tuottamaan tasapainoinen äänimaa-

ilma ja ambienssi, oli kyseessä sitten elokuva, kuunnelma, peli tai jokin muu ääneen pohjautuva teos. Ne voivat olla kuuluvilla yhtä aikaa, vuorotellen tai kerrallaan ja on täysin tilanteesta riippuvaa, miten niitä halutaan käyttää. Irroitin ambiensista kertovan osuuden omaksi kappaleekseen, koska se on oma, itsenäinen ja tärkein osa Kaksion äänimaailmaa.

#### 4.4.1 Äänitehosteet

Kaksion äänitehosteet on äänitetty niiden todellisessa ympäristössä, jotta saavutin mahdollisimman realistisen lopputuloksen. Tilassa esiintyvän luonnollisen akustisen profiilin ohella halusin, että myös pelaaja muodostaa ääntä tilaan ja pystyy myös vaikuttamaan tilan profiiliin interaktiivisesti esimerkiksi käynnistämällä siellä sijaitsevia laitteita. Pelaajan liikkuesssa tilassa, hän tuottaa tahtomattaan askelääniä. Muihin mahdollisiin ääniin, kuten taputuksiin ja mainitsemini laitteisiin hänellä on kuitenkin täysi hallinta. Askeleet ja taputukset on toteutettu satunnaistamalla.

Toisin kuin suurin osa tehosteäänistä, niin askeleet kuin taputuksetkin ovat pelaajasta itsestään kuuluvia ääniä. Tästä syystä päädyin ratkaisuun, jossa asetin laajakalvoisen mikrofoniin noin pään korkeudelle ja käytin mikrofoniin pallokuviointia. Näin äänitystilasta jäi mahdollisimman luonnollisen kuuloinen ja tilan sointi, heijasteet sekä muut ominaisuudet kuuluvat äänen muodostuessa.

Askeläänet äänitin luonnollisia lattiamateriaaleja hyödyntäen, jotta sain käyttööni mahdollisimman autenttista ääntä. Vaikka Suomessa onkin tapana ottaa kengät jalasta sisätiloissa, päädyin käyttämään askeläänissä kenkiä. Niiden muodostama ääni yksinkertaisesti miellytti minua enemmän ja lisäksi äänten vaihtelut eri materiaaleilla olivat selkeämpiä. Uskon, ettei toteutus häiritse kuulijaa, sillä meidät on käytännössä totuteltu kenkien kopseeseen sisätiloissa. Lähes poikkeuksetta jokainen näyttelijä tai pelihahmo käyttää kenkiä sisätiloissa olosuhteista riippumatta.

Tarvitsin äänitteet kolmelta eri materiaalilta: parketti, muovimatto ja matto. Äänitin askeleita jokaisella materiaalilla useita ottoja, jotta sain jokaisesta mahdollisimman paljon hyviä vaihtoehtoja. Tarkoitukseni oli saada vähintään kymmenen variaatiota yhtä materiaalia kohden, jotta äänten toistuminen kuulostaisi aidolta niitä satunnaistamalla.

Taputusäänet toteutin samalla kaavalla kuin askeläänetkin, mutta otantoja oli useampia. Jaoin huoneet pieniin lohkoihin, jonka jälkeen äänitin muutamia jokaisessa lohkossa muodostettuja taputuksia. Tein tämän siksi, että eri huoneissa muodostuvien heijasteiden ja hajaäänien sävy olisi mahdollisimman lähellä totuutta. Esimerkiksi lähempänä seinää ääni on erilainen kuin keskellä huonetta, kuten todellisuudessakin. Näin sain simuloitua huoneista mielenkiintoisempia ja eläväisempiä.

Yksittäisillä äänitehosteilla ei ole varsinaisesti kerronnallista merkitystä työssäni, mutta niiden kaikkien yhdessä muodostama vaikutus ikään kuin kertoo Kaksion tarinaa.

#### **4.4.2 Puhe**

Vaikka Kaksio onkin pääasiassa tilasimulaatio, halusin kohtauksiin myös puhetta. Lyhyt puhelinkeskustelu, seinien takaa kantautuva puhe ja päähenkilön ”sisäinen riitely” ovat esimerkkejä tästä. Puheosuudet nauhoitettiin niin ikään autenttisissa olosuhteissa Röde NT2-A -kondensaattorimikrofonilla yhdessä ääninäyttelijöiden kanssa ja efektoitiin myöhemmin tilanteiden vaatimalla tavalla. Efektoinnissa hyödynsin pääasiassa Pro Tools -ohjelmaa, mutta osan äänistä toin suoraan pelimoottoriin ja annoin audiofilttereiden hoitaa efektointi parhaaksi katsomallani tavalla. Esimerkiksi naapurista ja rappukäytävästä kuuluvat äänet on toteutettu Unityn Audio Low Pass -filtteriä hyödyntäen.

#### **4.4.3 Musiikki**

Musiikilla on kaksi tehtävää työssäni. Ensimmäinen liittyy tilassa esiintyviin laitteisiin. Kuten jo aiemmin mainitsin, halusin antaa pelaajalle mahdollisuuden käynnistää ja sulkea tilassa esiintyviä laitteita. Koska osa laitteista on musiikkisoittimia, on luonnollista että ne käynnistämällä kuuluu musiikkia.

Toinen tehtävä on luoda tunnelmaa tietyissä tilanteissa. Harkitsin pitkään taustamusiikin käyttöä tehokeinona, mutta kaksi viimeistä kohtausta tuntuivat yksinkertaisesti vaativan vähän lisämausteita. Säveltämäni musiikit tuotin Propellerhead Reason 6 -ohjelmalla ja M-Audio Axiom 61 -midikoskettimilla.



#### 4.4.4 Hiljaisuus

Hiljaisuus äänikerronnan elementtinä on kiehtonut minua pitkään. Halusin tuoda tämän elementin Kaksion kolmannen tason äänimaailmaa ”täydentämään”. Tutkin, miten hiljaisuutta on hyödynnetty esimerkiksi elokuvissa ja miten voisin itse sitä työssäni hyödyntää.

Täydellistä hiljaisuutta, äänettömyyttä ei ole olemassa, sillä korvia ei voida sulkea kuten silmiä. Jos ihminen laitetaan täydellisesti vaimennettuun huoneeseen, hän ei ehkä kuule ulkomaailmasta mitään, mutta alkaa kuulla asioita itsestäsi. Hän kuulee kuinka veri kohisee suonissa, sydän sykkii ja hermosto aiheuttaa korkeataajuisia vinkuaa. Psykologiselta näkökannalta hiljaisuus vaikuttaa meihin eri tavalla.

Äänisuunnittelussa on mahdollista käyttää niin sanottua absoluuttista hiljaisuutta (vrt. digitaalinen hiljaisuus), mutta sitä pyritään usein välttämään. Syy on juurikin se, että ääniraidan äänettömyys saattaa ärsyttää kuuntelijaa. Joskus se voi kuitenkin toimia tehokeinona. Esimerkiksi elokuvassa *Contact*, jonka alussa kuva lähtee loittonemaan maapallosta avaruuden pimeään kaukaisuuteen radioaaltojen mukana. Kohtauksen äänet ovat radio-ohjelmia eri vuosikymmeniltä nykypäivästä menneeseen, kunnes ne pian loppuvat ja alkaa täydellinen hiljaisuus. Ainakin itseäni tämä hiljaisuus alkaa pian ahdistamaan, mutta kohtauksen tapahtuma on lumoavaa jo pelkän kuvan ansioista ja ääniraidan äänettömyys tarkoituksenmukaista. Avaruudessahan ei ole ääntä.

Toinen syy äänettömyyden välttämiseen elokuvissa johtuu, tai on ainakin aiemmin johtunut syystä, että elokuvateattereissa ei ole koskaan hiljaista. Filmiprojektorien humina (jo toki vähenevissä määrin tekniikan kehittyessä) ja yleisön äänet ovat läsnä. Mikäli elokuvaan laitetaan pitkä, täysin äänetön kohtaus, alkaa katsoja kuuntelemaan teatterisalin ääniä ja itse elokuvan lumous katoaa. Näin ollen on kehitelty asioita, joilla maustaa hyvin hiljaisia kohtauksia. Näitä mausteita ovat muun muassa öisten heinäsiirkojen ja hepokatien sirinät, dronet tai huoneiden huminat, kuten ilmastointi tai vastaava taustalla vaikuttava hiljaisuuden rikkova elementti.

Hiljaisuus on siis muutakin kuin äänettömyyttä. Kerronnassa sillä tarkoitetaan esimerkiksi jonkinlaisen tilan tai akustiikan kokemista. Elokuvassa *Serenity* on hienosti rakennettu baaritappelukohtaus, jossa on käytetty hiljaisuutta hallitusti. Kohtauksen alussa

päähenkilö astuu baariin. Pian hänen ajatuksensa siirtyvät muualle, tila katoaa täyteen hiljaisuuteen, ikään kuin henkilön päähän. Hahmo tekee ratkaisunsa ja aloittaa tappelun. Hiljaisuus on edelleen läsnä, äänet ovat ”iholla”. Hetken kuluttua palataan leikkauksen avulla oikeaan tilaan. Näin tilan kokeminen konkretisoi äänikerrontaa. Hiljaisuudella voidaan korostaa myös päähenkilön keskittymistä, kuten elokuvan *The Hurt Locker* kohtauksissa, joissa puretaan räjähteitä.

Elokvassa *Blair Witch Project* käytetään niin ikään hiljaisuutta kertomaan mitä ympärillä tapahtuu. Eksyneet nuoret ovat pimeässä metsässä. Hiljaisuuteen sekoittuu outoja, tunnistamattomia ääniä. Tämä antaa olettaa, että jotain pahaa tulee tapahtumaan. Hiljaisuutta korostetaan eliminoimalla kaikki metsän luonnolliset äänet. Kun luonnollisuus on poissa, ihminen on aseeton, paljas ja pelokas.

Kaksion äänimaailmassa hiljaisuus konkretisoituu kolmannella, eli ”pään sisäisellä” tasolla. Tila itsessään on hiljaisempi ja tummempi ääniltään kuin muissa kohtauksissa. Pyrin siihen, että pelaajalla olisi tunne siitä, että ympäröivä maailma olisi kauempana kuin se todellisuudessa on. Korostin kohtausta hengitysäänellä ja satunnaisilla, kertojamaisilla puheenparsilla. Myös kehon muita ääniä on kuultavissa, kuten sydämen lyönnit ja hento, mutta häiritsevä tinnitusmainen ininä.

On todettava, että hiljaisuus toimii erinomaisen tehokkaasti, kun sitä käytetään oikein. Se on suoraan ihmisen psyykkeeseen vaikuttava elementti, joten sitä tulee käyttää harkitusti ja tasapainoisesti, jotta saavutetaan haluttu lopputulos eikä katsoja tai kuuntelija kiusaannu. Sen käyttötarkoitukset ovat monet. Se voi kuvastaa muun muassa pelkoa tai keskittymistä, tai toisaalta myös mielenrauhaa ja odotusta. Lisäksi sillä voidaan korostaa esimerkiksi henkilön sisäisiä mielteitä tai vain pysähtyä hetkeksi. Se auttaa hahmotamaan missä tilassa ollaan ja mitä tilassa tapahtuu.

#### **4.4.5    Ambianssit**

Suurin osa Kaksion ambiensista koostuu yksittäisten äänileikkeiden yhteisvaikutuksesta ja ne esittävät merkittävintä roolia työssäni. Ne herättävät tilan henkiin ja luovat haluttua tunnelmaa. Kuten olen aiemmin maininnut, todellinen tila muodostuu vain ja ainoastaan aidoista, siellä esiintyvistä äänistä.

Esimerkkejä näistä ovat muun muassa taloyhtiömme jaettu ilmastointi, joka on toiminnassa päivittäin noin tunnin ajan aina kello 12 ja 18. Asuinhuoneistossa on kaksi ilmastointikanavaa, toinen keittiössä ja toinen pesuhuoneessa. Ilmastoinnin ollessa päällä sen aiheuttama humina kantautuu varsin huomattavasti koko huoneistoon muuttaen yleistä ambienssia hyvinkin paljon. Kylmällä säällä esiintyy puolestaan viheltävää ääntä ovien ja ikkunoiden raoista. Olohuoneessa sijaitsevan tietokoneen mekaaninen hurina on erityään dominoiva äänilähde huoneiston ollessa muuten hiljainen. Huoneistoon vaikuttavia ulkoisia tekijöitä ovat esimerkiksi yläkerran naapurin aiheuttamat kolinat, käytävästä kantautuva puhe ja siellä sijaitseva hissi.

Kaksion toisessa, eli tiivistunnelmaisessa tasossa esiintyy realistisen ambienssin ohella sitä varten säveltämiäni äänimattoja, joita kutsutaan usein nimellä drone. Nämä ovat harmoonista tai monofonista efektiä tai säestystä, jossa nuotti tai sointu soi taukoamatta sävellyksen ajan tai osan siitä. Se voi olla esimerkiksi korkea viulun nuotti tai sitten epämääräistä huminaa taustalla. Käyttötarkoituksia on monia, mutta usein dronella saavutetaan tietynlainen jännitys kohtaukseen. Esimerkkinä voisi olla tilanne, jossa nopea-tempoinen, kiivas ja äänekäs tai musiikin täyttämä kohtausta yhtäkkiä laukeaa lähes hiljaiseksi. Tällaisessa tilanteessa jäljelle jää usein soimaan vain yksi nuotti pitämään jännitettä yllä. Toisaalta taas drone voi vain ikään kuin hivuttautua lähes huomaamattomasti mukaan kohtaukseen, maustamaan tunnelmaa.

Kuten musiikin, sävelsin myös dronet Propellerhead Reason 6 -ohjelmalla. Ohjelman laaja valikoima eri instrumentteja ja efektejä antoi erinomaisen pohjan tuottaa mielenkiintoisia äänimattoja.

## 5 POHDINTA

Tuotantoprosessi Kaksion parissa on ollut hyvin mielenkiintoista ja mieltä avartavaa. Olen oppinut runsaasti uusia tapoja hahmottaa ja käsitellä tilääntä. Mikäli en olisi tutkinut asiaa tarkemmin, en tietäisi läheskään niin paljon äänen käyttäytymisestä kuin nyt.

Tilan adaptoiminen mahdollisimman autenttisena digitaaliseen ympäristöön on viitseliäisyyttä vaativaa, mutta lopputulos kaikkine mielenkiintoisine yksityiskohtineen palkitsee. Rikas äänimaisema synnyttää illuusion todellisesta tilasta ja upottaa kuuntelijan syvemmälle virtuaalitodellisuuteen. Näin saadaan aikaan vahvempi kokemus.

Monesti vastaavanlaisissa projekteissa on sorruttu niinkin yksinkertaisiin toimiin, että kokonainen tila maisemoidaan äänellisesti vain yhden äänileikkeen turvin. Tämä leike on yleensä kuunteliijaan kiinnitetty silmukka, joka toistuu koko kohtauksen ajan täysin muuttumattomana. Tunnelma kärsii hyvinkin helposti kun tila ei reagoikaan luonnollisesti pelaajan sitä tutkiessa.

Olen tyytyväinen alustavalintaani Unityn osalta sen helppokäyttöisyyden ja perusominaisuuksien vuoksi. Kuitenkin tarve käyttää itse kirjoitettuja skriptejä melko tavanomaisissakin tilanteissa, kuten yksinkertainen laukaisin, osoittaa että pelimoottorissa olisi kehittämisen varaa näin aloittelijan näkökulmasta.

Interaktiivinen äänisuunnittelu ei ollut minulle entuudestaan tuttua, mutta nyt voin hyvillä mielin todeta hallitsevani melko monimutkaisiakin tekniikoita alueen sisällä. Kehittyminen on ollut niin visuaalista kuin auditiivista ja olen varma, että oppimistani asioista on hyötyä monella saralla, oli se sitten elokuvaan, televisioon, peleihin tai mihin tahansa muuhun mediaan liittyvää.

Uskoakseni Tampereen ammattikorkeakoulussa ei ole kokeiltu vastaavaa tapaa risteyttää äänisuunnittelua ja interaktiivista kokemusta näin lopputyöprojektina, joten voin olla tyytyväinen aiheeni valintaan. Se yhdistettynä tilääntä käsittelevään osuuteen antaa varsin kattavat eväät kenelle tahansa näistä aiheista kiinnostuneelle. Tulen jatkossa varmasti palaamaan äänimaisema- ja tilääni-tutkimuksen pariin, sillä se on loputon lähde äänisuunnittelun ammattilaiseksi tähtäävälle.

## LÄHTEET

Ampuja, O. 2008. Oikeus hiljaisuuteen. Helsinki: WSOY.

Aro, E. 2006. Tilaääni. Helsinki: Idemco Oy, Riffi-julkaisut.

Gruenheisen, P. 2003. Soundspace, Architecture for sound and vision. Switzerland: Birkhäuser.

Jauhiainen, T. 2007. Huonokuuloisuus. Helsinki: WSOY.

Laaksonen, J. 2013. Äänityön kivijalka. Helsinki: Idemco Oy, Riffi-julkaisut.

Unity Documentation. Käyttöohje. Luettu 29.5.2014. <http://docs.unity3d.com>

Äänipää. Tilavaikutelma. Luettu 29.5.2014. <http://www.aanipaa.tamk.fi>

## LIITEET

### Liite 1. Askelääniskripti

```

var vinyl : AudioClip[];
var wood : AudioClip[];
var carpet : AudioClip[];

private var step : boolean = true;
var audioStepLengthWalk : float = 0.45;
var audioStepLengthRun : float = 0.25;

function OnControllerColliderHit (hit : ControllerColliderHit) {
var controller : CharacterController = GetComponent(CharacterController);

if (controller.isGrounded && controller.velocity.magnitude < 7 && controller.velocity.magnitude > 5 && hit.gameObject.tag == "Vinyl" && step == true || controller.isGrounded && controller.velocity.magnitude < 7 && controller.velocity.magnitude > 5 && hit.gameObject.tag == "Untagged" && step == true ) {
    WalkOnVinyl();
} else if (controller.isGrounded && controller.velocity.magnitude > 8 && hit.gameObject.tag == "Vinyl" && step == true || controller.isGrounded && controller.velocity.magnitude > 8 && hit.gameObject.tag == "Untagged" && step == true) {
    RunOnVinyl();
} else if (controller.isGrounded && controller.velocity.magnitude < 7 && controller.velocity.magnitude > 5 && hit.gameObject.tag == "Wood" && step == true) {
    WalkOnWood();
} else if (controller.isGrounded && controller.velocity.magnitude > 8 && hit.gameObject.tag == "Wood" && step == true) {
    RunOnWood();
} else if (controller.isGrounded && controller.velocity.magnitude < 7 && controller.velocity.magnitude > 5 && hit.gameObject.tag == "Dirt" && step == true) {
    WalkOnCarpet();
} else if (controller.isGrounded && controller.velocity.magnitude > 8 && hit.gameObject.tag == "Carpet" && step == true) {
    RunOnCarpet();
} else if (controller.isGrounded && controller.velocity.magnitude < 7 && controller.velocity.magnitude > 5 && hit.gameObject.tag == "Metal" && step == true) {

    }

}

//////////////////////////////////// VINYL //////////////////////////////////////
function WalkOnVinyl() {
    step = false;
    audio.clip = vinyl[Random.Range(0, vinyl.length)];
    audio.volume = .1;
    audio.Play();
    yield WaitForSeconds (audioStepLengthWalk);
    step = true;
}

function RunOnVinyl() {
    step = false;
    audio.clip = vinyl[Random.Range(0, vinyl.length)];
    audio.volume = .3;
    audio.Play();
    yield WaitForSeconds (audioStepLengthRun);
    step = true;
}

//////////////////////////////////// WOOD //////////////////////////////////////
function WalkOnWood() {
    step = false;
    audio.clip = wood[Random.Range(0, wood.length)];
    audio.volume = .1;
    audio.Play();
    yield WaitForSeconds (audioStepLengthWalk);
    step = true;
}

function RunOnWood() {
    step = false;

```

```

        audio.clip = wood[Random.Range(0, wood.length)];
        audio.volume = .3;
        audio.Play();
        yield WaitForSeconds (audioStepLengthRun);
        step = true;
    }

    ////////////////////////////////// CARPET //////////////////////////////////
    function WalkOnCarpet() {
        step = false;
        audio.clip = carpet[Random.Range(0, carpet.length)];
        audio.volume = .1;
        audio.Play();
        yield WaitForSeconds (audioStepLengthWalk);
        step = true;
    }

    function RunOnCarpet() {
        step = false;
        audio.clip = carpet[Random.Range(0, carpet.length)];
        audio.volume = .3;
        audio.Play();
        yield WaitForSeconds (audioStepLengthRun);
        step = true;
    }

    }

    @script RequireComponent (AudioSource)

```